

И.Н. Михайлов<sup>1</sup>, В.Ю. Лебединский<sup>3</sup>, М.Э. Пусева<sup>1,2</sup>, Е.С. Нетесин<sup>2</sup>

## ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСТРАКЦИОННОГО РЕГЕНЕРАТА КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ СТИМУЛЯЦИИ БАТ

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, Россия

<sup>2</sup> ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России, Иркутск, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВПО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Иркутск, Россия

*В современной литературе по изучению структуры костного регенерата в основном описаны качественные характеристики его изменений. В то же время количественные параметры оценки регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья в доступной литературе практически отсутствуют, что не позволяет объективно оценить особенности их течения.*

*Цель исследования – разработка и проведение количественной оценки регенераторного процесса при заживлении переломов костей предплечья с использованием морфометрических методов исследования, проводившейся на фоне стимуляции БАТ.*

*Выявлено, что к 20-м суткам фиксации можно говорить о завершении сосудистых и клеточных изменений в воспалительном процессе, и о нарастании оссификации регенерата – формирование оссифицированных структур в регенерате по сравнению с 10-ми сутками наблюдения значительно возрастает (почти на 150 %). Однако костеобразование в регенерате еще не завершено. В отличие от измерения качественных параметров, использование индексных оценок регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья позволяет выявить различия полученных результатов с большей степенью достоверности не только по сравнению с интактной костью, но и в динамике (10, 20 суток) эксперимента. Следовательно, использование количественной и индексной оценки регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья позволяет объективизировать характер изменений и прогнозировать не только вариабельность течения регенераторных процессов, но и характер исходов восстановления после полученной травмы, которое протекает более эффективно на фоне стимуляции БАТ.*

**Ключевые слова:** костный distractionный регенерат, морфология, морфометрия, акупунктурные точки, иглорефлексотерапия, БАТ

## DISTRACTION FOREARM BONE GRAFT CHARACTERISTICS IN EXPERIMENT WITH STIMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS

I.N. Mikhailov<sup>1</sup>, V.Yu. Lebedinskiy<sup>3</sup>, M.E. Puseva<sup>1,2</sup>, E.S. Netiosin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk, Russia

<sup>3</sup> Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

*During our experimental study, we researched peculiarities of formation and remodeling of distraction forelimb bone graft in rabbits at insertion of transosseous elements through acupuncture points (stimulation of biologically active points). One of the forelimbs was lengthened on 10 mm by Ilizarov method.*

*Using morphoscopy and morphometry we studied morphofunctional changes in the bone regenerate at different stages of experiment during stimulation of biologically active points and compared these quantitative characteristics with parameters of the intact bone.*

**Key words:** distraction bone graft, morphology, morphometry, acupuncture points, acupuncture, biologically active points

В современной литературе по изучению структуры костного регенерата в основном описаны качественные характеристики его изменений [3, 4, 6, 7, 8, 15]. В то же время количественные параметры оценки регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья в доступной литературе практически отсутствуют, что не позволяет объективно оценить особенности их течения.

В связи с этим, целью выполненной работы явились разработка и проведение количественной оценки регенераторного процесса при заживлении переломов костей предплечья с использованием морфометрических методов исследования, при этом оценка проводилась на фоне стимуляции БАТ.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Содержание животных, оперативные вмешательства и их эвтаназию осуществляли согласно

требованиям приказа МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 г., а также руководствуясь требованиями, изложенными в «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» с соблюдением этических норм и гуманного отношения к объектам изучения.

Критериями включения животных (гролики – *Oryctolagus cuniculus*; класс млекопитающих – *Mammalia*; отряд грызунов – *Rodentia*; семейство заячьих – *Leporidae*; порода – Шиншилла) в эксперимент были их стандартизация: по полу (мужской), возрасту (6–7 мес.), весу – 3,0 (2,895–3,000) кг и длине костей предплечья – 7,15 (7,0–7,2) см. Из особенностей строения костей предплечья у кроликов следует отметить то, что лучевая и локтевая кости у них между собой соединены межкостной мембраной, которая по плотности близка к костному веществу, а их движений относительно друг друга в сочленениях нет [14].

Прооперировано 14 животных по методу Г.А. Илизарова. Дистракцию начинали выполнять на 5-е сутки со дня операции с темпом 1 мм в сутки (дискретно во времени 0,25 мм × 4 раза в сутки). Продолжительность дистракции составляла 10 суток. Все животные прооперированы в условиях «чистой» операционной вивария ИИЦХТ. В предоперационном периоде проводили рентгенографическое исследование передней конечности кролика в специальном кабинете, отвечающем требованиям ГОСТа, на аппарате ЕДР 750Б при напряжении 45 кВ и фокусном расстоянии до изучаемого объекта 100 см, экспозиции – 50 mAs, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (прямой и боковой проекциях).

В работе использовался стандартный набор для чрескостного остеосинтеза по Илизарову [7]. Вес аппарата в собранном виде составил 180 г, т.е. 5 % от массы тела кролика. Аппарат состоит из трех секторов  $\frac{3}{4}$  кольца  $\varnothing$  45 мм, 10 болтовых спицефиксаторов, шести стержней (длиной 50 мм – 3 шт., длиной 15 мм – 3 шт.), гаек – 37 шт., болтов – 3 шт., трех шарнирных соединений, спиц  $\varnothing$  1 мм – 5 шт. Натяжение проводили тарированным спиценатягивателем 40 Н. Размеры внешних опор подбирали с таким условием, чтобы расстояние от внутренней поверхности кольца до кожных покровов (на уровне верхней трети предплечья) животного составляло 1 см.

Перед проведением чрескостных элементов на предплечье, в соответствии с данными анатомии кролика [11], были выбраны 6 акупунктурных точек: 3 точки по ходу канала II (GI) – «толстого кишечника», расположенного на тыльно-лучевой линии предплечья по ЧжуЛянь, и 3 акупунктурные точки по ходу канала VI (IG) – «тонкого кишечника», расположенного на тыльно-локтевой линии предплечья по ЧжуЛянь. Указанные точки акупунктуры выбраны, потому что они находятся в местах, подходящих для монтажа аппарата внешней фиксации при переломах костей предплечья; топографически точки расположены между отдельными мышцами или сухожилиями мышц, в проекции данных точек отсутствуют крупные сосуды и нервы.

Точки канала II (GI) – «толстого кишечника»:

1. GI 6 Пянь-ли (Ло-пункт) расположена на передней поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) между сухожилиями разгибателей 2–3-го пальца на 3 цуня проксимальнее складки лучезапястного сустава (соответствует позиции 10, VII уровень). Топографическая анатомия: ветви лучевой артерии, поверхностные ветви лучевого нерва, наружный кожный нерв предплечья.

2. GI 7 Вэнь-лю (противоболовая точка) находится на передней поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) посередине расстояния от линии локтевого сгиба до линии лучезапястного сустава в углублении над лучевой костью. Она определяется при максимальном сгибании в этом суставе (соответствует позиции 10, IV уровень). Топографическая анатомия: ветви лучевой артерии, поверхностные ветви лучевого нерва, наружный кожный нерв предплечья.

3. GI 10 Шоу-сань-ли расположена по наружной боковой поверхности предплечья кролика (на тыльно-лучевой линии по ЧжуЛянь) 2 цуня дистальнее

локтевого сгиба между мышцами длинного лучевого разгибателя кисти и плечелучевой (соответствует позиции 10, уровень III лучевой кости). Топографическая анатомия: лучевая артерия, лучевой нерв, тыльный кожный нерв предплечья.

Точки канала VI (IG) – «тонкого кишечника»:

1. IG 6 Ян-ляо (противоболовая) находится на один цунь проксимальнее точки IG 5, расположенной между шиловидным отростком локтевой и трехгранной костью над головкой локтевой кости по задненаружной поверхности предплечья кролика (тыльно-локтевой линии по ЧжуЛянь). Соответствует позиции 4, уровень VII локтевой кости. Топографическая анатомия: тыльная артерия пальцев (ветвь локтевой артерии), тыльный нерв пальцев, отходящий от ладонного нерва.

2. IG 7 Чжи-чжэн – расположена выше линии лучезапястного сустава на 5 цунь у локтевого края локтевого разгибателя кисти (соответствует позиции 4, IV уровень локтевой кости). Топографическая анатомия: внутренний кожный нерв предплечья.

3. IG 8 Сяо-хай – седативная точка находится в локтевой бороздке между локтевым отростком и внутренним мышцелком плечевой кости (соответствует позиции 4, III уровень локтевой кости). Топографическая анатомия: локтевой нерв, внутренний кожный нерв плеча и предплечья, нижняя ветвь локтевой артерии.

Чрескостные элементы проводили следующим образом. Первую спицу проводили на II уровне, отступя дистально от вершины локтевого отростка на 18 мм, через локтевую кость изнутри – кнаружи в косом направлении (4–10) вне акупунктурной точки. На III уровне, отступя от вершины локтевого отростка на 24 мм, проводили вторую спицу через обе кости в косом направлении снаружи – кнутри, начиная с лучевой кости в позиции 10 через точку GI 10 Шоу-сань-ли выходила спица из локтевой кости в позиции 4 через точку IG 8 Сяо-хай.

Обе спицы фиксировали к проксимальной базовой внешней опоре  $\frac{3}{4}$  кольца  $\varnothing$  45 мм и натягивали. Затем в отверстия внешней опоры поочередно устанавливали три резьбовых стержня и фиксировали их с помощью гаек и гаечного ключа. На дистальные концы стержней на IV уровне (средняя треть диафиза костей предплечья) надевали промежуточную внешнюю опору  $\frac{3}{4}$  кольца  $\varnothing$  45.

Третью спицу проводили в косом направлении снаружи – кнутри через обе кости, начиная с лучевой в позиции 10 через точку GI 7 Вэнь-лю, а выходила спица из локтевой кости в позиции 4 через точку IG 7 Чжи-чжэн.

Спицу фиксировали к промежуточной внешней опоре и натягивали.

Отступя проксимально 14 мм от линии сгиба кистевого сустава на VII уровне четвертую спицу проводили через обе кости, начиная с локтевой кости в позиции 4 через точку IG 6 Ян-ляо, а выходила она из точки GI 6 Пянь-ли (Ло-пункт) с лучевой стороны, позиция 10.

На VIII уровне вводили пятую спицу в косом направлении изнутри – кнаружи (4–10) через локтевую кость вне акупунктурных точек. Обе эти спицы фиксировали к дистальной базовой внешней опоре и натягивали.

Схема модели «АВФ – кости предплечья» согласно МУОЧО [4, 16] соответствовала:

1	2	3	4	5
II, 4-10; III, (10-4), 10-4	IV, (10-4), 10-4	VII, 4-10, (4-10); VIII, 4-10		
вне	GI 10 IG 8	GI 7 IG 7	IG 6 GI 6	вне
¾ 45		¾ 45	¾ 45	

Затем на V уровне (на середине расстояния между средней и дистальной внешней опорой) выполняли остеоклазию обеих костей предплечья.

Всем животным были выполнены на разных сроках эксперимента (до операции, после операции, 10-е сутки distraction, 10 и 20 суток фиксации в АВФ) рентгенографическое исследование передней конечности, мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), гаммасцинтиграфия. Анализ полученных при этом результатов проведен и обсужден в более ранних публикациях [12, 13].

Также на материале от всех экспериментальных животных проводили морфологическое исследование костного регенерата с использованием количественных методов оценки его морфофункционального состояния. Сроки изучения регенерата (10 и 20 суток) выбраны в соответствии с данными литературы [3, 4, 6].

После эктаназии, из оперированной конечности кроликов выпиливался участок кости высотой 1,5 см, в центре которого находился distractionный регенерат размером 1 см. После фиксации и проводки из него изготавливались срезы толщиной 10–12 мкм, окраска которых производилась гематоксилин-эозинном и по методу Ван-Гизона. Изготовление и окраска срезов проводили по общепринятым методикам [1].

Морфометрические исследования выполняли с использованием окулярной сетки и системы анализа изображений [1, 2]. В регенерате определялся относительный объем сосудов и тканевых структур. В последних выявляли количество клеток и межклеточного вещества. Кроме того, в межклеточном веществе были определены оссифицированные и неоссифицированные структуры.

При анализе полученного морфологического материала в регенерате рассчитывались три группы индексов: сосудисто-тканевые отношения, клеточно-тканевые взаимоотношения, индекс оссификации, который определяли путем деления количества оссифицированных элементов на количество неоссифицированных структур.

Сосудисто-тканевые отношения и клеточно-тканевые взаимоотношения рассчитывались путем

деления относительного объема сосудов и клеток на количество соответствующих тканевых структур.

На основании полученных результатов можно отметить, что относительный объем сосудов в интактной кости в среднем составил  $7,2 \pm 0,4$  %, а количество тканевых структур было равно  $92,8 \pm 2,6$  %. Среди них в интактной кости  $10,4 \pm 1,64$  % их относительного объема занимали клетки, а  $89,6 \pm 2,8$  % – межклеточное вещество (таблица 1).

При анализе изменений количественных характеристик структурной перестройки регенерата были получены следующие результаты.

На 10-е сутки отмечается увеличение (более чем в 3 раза) относительного объема сосудов (до  $22,8 \pm 1,17$  %), а количество тканевых элементов соответственно снизилось до  $77,2 \pm 2,51$  %. Относительный объем клеток в регенерате был равен  $21,6 \pm 1,10$  %, что более чем в 2 раза больше, чем в интактной кости, а содержимое межклеточного вещества уменьшилось до  $78,4 \pm 2,3$  %.  $44,89 \pm 1,01$  % его объема составили оссифицированные структуры костного регенерата, а  $55,11 \pm 2,45$  % – неоссифицированные элементы.

Вероятно, этот эффект можно объяснить развитием воспалительного процесса, сопровождающегося сосудистыми и клеточными реакциями, которые при раздражении БАГ усиливаются [4, 5, 7, 8, 9, 10, 17].

На 20-е сутки фиксации в АВФ в регенерате отмечается снижение относительного объема сосудов по сравнению с предыдущим сроком почти на 10 %, и в среднем он стал равен  $20,64 \pm 1,82$  %. В то же время количество тканевых структур соответственно увеличилось до  $79,36 \pm 3,46$  %.

Также у кроликов изменились и количественные характеристики тканевых структур регенерата. Так, количество клеток в нем незначительно увеличилось и составило  $22,00 \pm 1,87$  %, а межклеточное вещество уменьшилось до  $78 \pm 3,61$  %. В то же время относительный объем оссифицированных структур межклеточного вещества у животных этой группы был равен  $66,87 \pm 2,38$  %, а количество неоссифицированных образований на данном сроке эксперимента снизилось до  $33,13 \pm 2,57$  %.

Таблица 1

Количественная характеристика структурных элементов костного регенерата (%)

Сроки фиксации	Количество					
	сосудов	тканевых структур	клеток	межклеточного вещества	оссифицированных структур	неоссифицированных структур
			тканевые структуры		межклеточное вещество	
10 суток	$22,8 \pm 1,17$	$77,2 \pm 2,51$	$21,6 \pm 1,10$	$78,4 \pm 2,3$	$44,89 \pm 1,01$	$55,11 \pm 2,45$
20 суток	$20,64 \pm 1,82$	$79,36 \pm 3,46$	$22 \pm 1,87$	$78 \pm 3,61$	$66,87 \pm 2,38$	$33,13 \pm 2,57$
Интактная кость	$7,2 \pm 0,4$	$92,8 \pm 2,6$	$10,4 \pm 1,64$	$89,6 \pm 2,8$	$\approx 100$ %	$\approx 0$ %

Индексная оценка морфофункционального состояния костного регенерата

Индексы	Группы		
	Интактная кость	Длительность наблюдения	
		10 суток (БАТ)	20 суток (БАТ)
сосудисто-тканевых отношений	0,078 (0,065–0,191)	0,316 (0,250–0,316)	0,250 (0,190–0,316) <i>p</i> < 0,05
клеточно-тканевых взаимоотношений	0,116 (0,103–0,124)	0,250 (0,220–0,316)	0,283 (0,190–0,389) <i>p</i> < 0,05
Индекс оссификации		0,81 (0,76–0,87)	2,01 (1,89–2,11)

Анализ полученных результатов позволяет отметить следующее.

К 20-м суткам эксперимента сосудистые реакции снижаются почти на 10 %. Формирование оссифицированных структур в регенерате, по сравнению с 10-ми сутками наблюдения значительно возрастает, их увеличение составляет почти 50 %.

Таким образом, стимуляция БАТ вызывает активизацию формообразовательных процессов в регенерате, хотя они к этому сроку еще полностью не завершаются.

С целью еще большей объективизации оценки динамики формирования костного регенерата использовалась индексная оценка его морфофункциональных изменений (таблица 2).

Так, оценка динамики сосудисто-тканевых отношений в регенерате показала, что на 10-е сутки фиксации в АВФ величина этого индекса была равна 0,316 (0,194–0,481). На 20-е сутки наблюдения значения этого индекса были равны 0,250 (0,093–0,572), достоверные отличия в его значениях между выборками на 10-е и 20-е сутки фиксации (*p* < 0,05) были за счет их уменьшения почти на 30 %.

При оценке динамики клеточно-тканевых взаимоотношений в регенерате, индекс был равен 0,250 (0,195–0,395). На 20-е сутки фиксации это значение увеличивалось – 0,283 (0,090–0,673).

В то же время изменения значений этого индекса в зависимости от срока наблюдения были достоверны при *p* < 0,05.

Динамика изменений индекса оссификации в регенерате показывает, что этот процесс более интенсивно происходит при стимуляции БАТ. Так, если в срок 10 суток он равен 0,81 (0,76–0,87). На 20-е сутки наблюдений он стал равен 2,01 (1,89–2,11) и его значение возросло почти в 2,5 раза. Различия между ними были наиболее значимы (*p* < 0,001), что свидетельствует о большой интенсивности регенераторного процесса при стимуляции БАТ.

Таким образом, к 20-м суткам фиксации относительный объем сосудов в регенерате снижается почти на 10 %, клеточные реакции практически не изменяются по сравнению в предыдущим сроком, что говорит практически о завершении сосудистых и клеточных изменений в воспалительном процессе, и о нарастании оссификации регенерата – формирование оссифицированных структур в регенерате по сравнению с 10-ми сутками наблюдения значительно

возрастает – почти на 150 %. Однако костеобразование в нем еще не завершено.

Кроме того используемые индексные оценки регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья позволяют выявить большую степень достоверности в различии полученных результатов не только по сравнению с интактной костью, но и в динамике (10, 20 суток) эксперимента, чем при изменении их качественных параметров.

Следовательно, использование количественной и индексной оценки регенераторных процессов при заживлении переломов костей предплечья позволяет не только объективизировать характер их изменений, но и прогнозировать не только вариабельность их течения, но и характер исходов их восстановления после полученной травмы, которое более эффективно протекает на фоне стимуляции БАТ.

#### ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Автандилов Г.Г. Введение в количественную патологическую морфологию. – М.: Медицина, 1980. – 382 с.  
Avtandilov GG (1980). Introduction in quantitative pathological morphology [Vvedenie v kolichestvennuju patologicheskiju morfologiju], 382.
2. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.  
Avtandilov GG (1990). Medical morphometry: guidelines [Medicinskaja morfometrija: rukovodstvo], 384.
3. Барабаш А.П. Чрескостный остеосинтез при замещении дефектов длинных костей. – Иркутск, 1995. – 208 с.  
Barabash AP (1995). Perosseous osteosynthesis in long bone defect replacement [Chreskostnyj osteosintez pri zameshhenii defektov dlennyh kostej], 208.
4. Барабаш А.П., Соломин Л.Н. «Эсперанто» проведение чрескостных элементов при остеосинтезе аппаратом Илизарова. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие, 1997. – 188 с.  
Barabash AP, Solomin LN (1997). Esperanto of transosseous elements insertion in osteosynthesis by Ilizarov device [«Esperanto» provedenie chreskostnyh jelementov pri osteosinteze apparatom Ilizarova], 188.
5. Барабаш А.П., Верхозина Т.К., Глушук А.Г. Аппараты внешней фиксации по технологии России в сочетании с традиционной медициной Китая – за-

лог успешного лечения переломов костей // Мат. Межд. конф. ВЕИHEI'97 по мануальной медицине и традиционной терапии. – Beihai, Guangi, P.R. China, 1997. – С. 87–89.

Barabash AP, Verkhozina TK, Glushchuk AG (1997) External fixation devices of Russian technology in combination with traditional Chinese medicine – a key to successful treatment of bone fractures [Apparaty vneshnej fiksacii po tehnologii Rossii v sochetanii s tradicionnoj medicinoj Kitaja – zalog uspeshnogo lechenija perelomov kostej], 87-89.

6. Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г., Пусева М.Э. Влияние повреждения и длительного раздражения акупунктурных точек чрескостными фиксаторами на репаративный остеогенез при диафизарных повреждениях костей предплечья // Рефлексотерапия. – 2006. – № 4 (18). – С. 24–27.

Verkhozina TK, Ippolitova EG, Puseva ME (2006). Influence of injury and prolonged irritation of acupuncture points by transosseous fixators on reparative osteogenesis at diaphyseal injuries of forearm bones [Vlijanie povrezhdenija i dlitel'nogo razdrashhenija akupunkturyh toček chreskostnymi fiksatorami na reparativnyj osteogenez pri diafizarnyh povrezhdenijah kostej predplech'ja]. *Refleksoterapiya*, 4, 24-27.

7. Илизаров Г.А. Основные принципы остеосинтеза компрессионного и дистракционного // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1971. – № 1. – С. 7–11.

Ilizarov GA (1971). Basic principles of compressive and distractive osteosynthesis [Osnovnye principy osteosinteza kompressionnogo i distrakcionnogo]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, 1, 7-11.

8. Ковалева А.В. Количественная и качественная оценка дистракционного регенерата при удлинении конечностей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курган, 2007. – 24 с.

Kovaliova AV (2007). Quantitative and qualitative evaluation of distraction bone graft in bone lengthening: abstract of dissertation of candidate of medical science [Kolichestvennaja i kachestvennaja ocenka distrakcionnogo regenerata pri udlinenii konechnostej: avtoref. dis. ... kand. med. nauk], 24.

9. Ли Цинхэ. Клинические проявления воздействия электроакупунктуры при переломах костей (экспериментальное исследование) // Травматология и ортопедия России. – 1995. – № 4. – С. 63–65.

Li Tsinkhe (1995). Clinical manifestations of electroacupuncture impact in bone fractures (experimental research) [Klinicheskie projavlenija vozdeystvija jelektroakupunktury pri perelomah kostej (jeksperimental'noe issledovanie)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*, 4, 63-65.

10. Михайлов И.Н. Способ стимуляции перестройки дистракционного регенерата при удлинении костей предплечья по Илизарову // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. – 2008. – № 2. – С. 93–94.

Mikhailov IN (2008). Method of stimulation of reconstruction of distraction bone graft in forearm bones lengthening by Ilizarov method [Sposob stimuljacii perestrojki distrakcionnogo regenerata pri udlinenii kostej predplech'ja po Ilizarov]. *Bjull. VSNC SO RAMN*, 2, 93-94.

11. Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Федин А.Н. Анатомия кролика. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009. – 356 с.

Nozdrachiov AD, Polyakov EL, Fedin AN (2009). Rabbit anatomy [Anatomija krolika], 356.

12. Пусева М.Э., Лебединский В.Ю., Михайлов И.Н., Селиверстов П.В. и др. Комплексная характеристика дистракционного регенерата костей предплечья в эксперименте // Гений ортопедии. – 2013. – № 4. – С. 84–90.

Puseva ME, Lebedinskiy VY, Mikhailov IN, Seliverstov PV et al. (2013). Complex characteristic of distraction forelimb bone graft in experiment [Kompleksnaja harakteristika distrakcionnogo regenerata kostej predplech'ja v eksperimente]. *Geniy ortopedii*, 4, 84-90.

13. Пусева М.Э., Лебединский В.Ю., Селиверстов П.В., Михайлов И.Н. и др. Влияние стимуляции БАТ на состояние дистракционного регенерата костей предплечья в эксперименте // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2013. – № 8. – С. 60–67.

Puseva ME, Lebedinskiy VY, Seliverstov PV, Mikhailov IN et al. (2013). Influence of biologically active points stimulation on the state of distraction forelimb bone graft in experiment [Vlijanie stimuljacii BAT na sostojanie distrakcionnogo regenerata kostej predplech'ja v eksperimente]. *Sibirskiy meditsinskij jurnal (Irkutsk)*, 8, 60-67.

14. Пусева М.Э., Михайлов И.Н., Лебединский В.Ю., Верхозина Т.К. и др. Особенности дистракционного костного регенерата в эксперименте при хроническом раздражении биологически активных точек // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. – 2013. – № 2, Ч. 2. – С. 152–160.

Puseva ME, Mikhailov IN, Lebedinskiy VY, Verkhozina TK et al. (2013). Peculiarities of distraction bone graft in experiment in chronic irritation of biologically active points [Osobennosti distrakcionnogo kostnogo regenerata v jeksperimente pri hronicheskom razdrashhenii biologicheski aktivnyh toček]. *Bjull. VSNC SO RAMN*, 2 (2), 152-160.

15. Способ лечения повреждений предплечья: пат. 2373916 Рос. Федерация: МПК А61Н39/00; А61В17/56 / Пусева М.Э., Соломин Л.Н., Верхозина Т.К., Михайлов И.Н.; заявитель и патентообладатель НЦРВХ СО РАМН. – № 2008100557/14; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33. – 1 с.

Puseva ME, Solomin LN, Verkhozina TK, Mikhailov IN (2009). Method of treatment of forearm injuries [Sposob lechenija povrezhdenij predplech'ja]: Pat. 2373916 Ros. Federatsia: MPK A61N39/00; A61B17/56; applicant and patent holder SCRRS SB RAMN. – N 2008100557/14; appl. 09.01.2008; publ. 27.11.2009, Bul. N. 33, 1 p.

16. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова. – СПб.: ООО «МОРСАР АВ», 2005. – 544 с.

Solomin LN (2005). The basic principles of external fixation using the Ilizarov device [Osnovy chreskostnogo osteosinteza apparatom G.A. Ilizarova], 544.

17. Шевцов В.И., Ерохин А.Н., Попков Д.А. Стимуляция репаративной активности костной ткани методом рефлексотерапии в условиях чрескостного

osteosynthesis: posobie dlya vrachej. – Kurgan, 2003. – 11 s.

Shevtsov VI, Yerokhin AN, Popkov DA (2003). Reflexotherapy stimulation of bone tissue reparative activity

under the conditions of transosseous osteosynthesis: guidelines for physicians [Stimuljacija reparativnoj aktivnosti kostnoj tkani metodom refleksoterapii v uslovijah chreskostnogo osteosinteza: posobie dlja vrachej], 11.

**Сведения об авторах**  
**Information about the authors**

**Михайлов Иван Николаевич** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»

**Mikhailov Ivan Nikolayevich** – Candidate of Medical Science, Senior Scientific Officer of Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology

**Лебединский Владислав Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель научно-исследовательской лаборатории мониторинга физического здоровья ФГБОУ ВПО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

**Lebedinskiy Vladislav Yuryevich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Research Supervisor of Scientific-Research Laboratory of Physical Health Monitoring at Irkutsk National Research Technical University

**Пусева Марина Эдуардовна** – кандидат медицинских наук, доцент, заведующая травматолого-ортопедическим отделением ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел.: (3952) 29-03-65; e-mail: scrrs.irk@gmail.com)

**Puseva Marina Eduardovna** – Candidate of Medical Science, Docent, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Assistant Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education (664003, Irkutsk, ul. Bortsov Revolutsii, 1; tel.: +7 (3952) 29-03-65; e-mail: scrrs.irk@gmail.com)

**Нетесин Евгений Станиславович** – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздрава России

**Netiosin Yevgeniy Stanislavovich** – Candidate of Medical Science, Senior Lecturer at the Department of Anesthesiology and Resuscitation of Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education